

⑫ 特 許 公 報 (B 2)

平5-44798

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公告

平成5年(1993)7月7日

H 05 H 1/46

9014-2G

発明の数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 マイクロ波プラズマ処理装置

⑯ 特 願 昭60-143036

⑰ 公 開 昭62-5600

⑱ 出 願 昭60(1985)6月28日

⑲ 昭62(1987)1月12日

⑳ 発 明 者 小 町 恭 一 兵庫県尼崎市西長洲本通1丁目3番地 住友金属工業株式会社中央技術研究所内

㉑ 発 明 者 小 林 純 夫 兵庫県尼崎市西長洲本通1丁目3番地 住友金属工業株式会社中央技術研究所内

㉒ 出 願 人 住友金属工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

㉓ 代 理 人 弁理士 溝 上 満 好 外1名

審 査 官 江 塚 政 弘

1

2

㉔ 特許請求の範囲

1 マイクロ波発振器と該マイクロ波発振器からのマイクロ波を伝送する導波管と、該導波管に連通され排気装置およびガス導入装置を夫々備えた金属製容器を具備し、前記金属製容器は誘電損失の小さい耐熱性板によつて上部室と下部室とに気密に仕切られていると共に、前記導波管に連通する金属製容器の上部室の天井壁内面及び連通部にはマイクロ波導波路を形成すべく誘電体層が設置されていることを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置。

発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、マイクロ波プラズマ処理装置の改良に関するものである。

(従来の技術およびその問題点)

低圧ガスの放電によつて生成した低温プラズマは、系全体が低温でありながら化学反応を促進するため、無機材料と有機材料のいずれにも適用でき、極めて応用範囲が広い。しかし、このプラズマを発生させるために、従来の研究開発・実用機では主にラジオ波(13.56MHz)が用いられていたが、マイクロ波を用いる方が効率・装置の点で有利であることが指摘されている(広瀬：マイクロ波放電プラズマとその装置、塗装技術、19、

1、(1980)、100～105頁)。

有利な点を以下に示す。

- ① 電子温度 $T_e$ とガス温度 $T_g$ の比 $T_e/T_g$ が大きく、より低温のプラズマが得られる。
  - ② 電極を必要としないので、電極からの汚染を防ぐことができる。
  - ③ マイクロ波の電力を局所的に注入でき、外部空間への不都合な放射損失がなく、高密度のプラズマが生成できる。
  - ④ 発振器が簡単である。
  - ⑤ 導波管でマイクロ波を伝送するため放射損失がなく、整合が簡単な構造でできる。
- ところで、従来のマイクロ波プラズマ発生装置のうち、導波管に対して石英管を貫通させた生成部・処理室分離方式(前記文献)や、マイクロ波の伝搬方向に磁場を形成し共鳴を利用した電子サイクロトロン共鳴方式(松尾、木内、高橋：ECRプラズマCVD、電気学会電子デバイス研究会、EDD-84-55、(1984)、17～23頁、特公昭58-37680)については高周波を用いた装置に比べて処理面積が小さいという問題がある。
- また、比較的広い処理面積をもつ装置としては、①マイクロ波をアンテナを用いて広いプラズマ発生室に導入する装置(特公昭57-53858、特開昭57-9868、特開昭56-41382)や、②周期

造を利用した装置 (R. G. Bosisio, C. F. Weissflogh, M. R. Wertheimer : The Large Volume Microwave Plasma Generator, J. Microwave Power, 7(4), 1972) がある。

しかしながら、前記①についてはアンテナとの整合がむずかしく、プラズマが不均一になりやすい為、その改善のための装置が複雑になる。また、②については細長いプラズマしか発生できない (前記文献によれば外径19mmの石英ガラス管内でプラズマを発生させている) という問題がある。

本発明は前記問題点に鑑みて成されたものであり、マイクロ波を用いて大面積かつ均一なプラズマを比較的簡単な構造で安定して発生できるマイクロ波プラズマ処理装置を提供せんとするものである。

#### (問題点を解決するための手段)

本発明は、マイクロ波発振器と、該マイクロ波発振器からのマイクロ波を伝送する導波管と、該導波管に連通され排気装置およびガス導入装置を夫々備えた金属製容器を具備して成り、前記金属製容器は誘電損失の小さい耐熱性板によって上部室と下部室とに気密に仕切られていると共に、前記導波管に連通する金属製容器の上部室の天井壁内面および連通部にはマイクロ波導波路を形成すべく誘電体層が設置されていることを要旨とするマイクロ波プラズマ処理装置である。

#### (作用)

一般にマイクロ波は誘電体層に対して均一に広がる性質がある。また、金属には反射される。

本発明装置にあつては、マイクロ波は誘電体層に均一に広がるとともに、誘電体層の上面側には金属製容器の金属部があるので、この金属部によって反射される。したがって、マイクロ波の作用による電界は、誘電体層の下面側、すなわち上部室及び下部室側に均一に形成される。

マクロ的には、上記の電界強度はほぼ均一であるので、真空状態に保たれた前記下部室にプラズマ生成用ガスを導入すると、上記電界の作用によって下部室内にはほぼ均一な分布のプラズマが形成される。

厳密には、マイクロ波は、マイクロ波進行方向の誘電体層前面の金属製容器の金属部によつても反射されるので、誘電体層のマイクロ波進行方向

には定在波が発生する。したがって、電界強度は、マイクロ波の進行方向では強弱の波を持つことになるが、発生したプラズマの拡散が速いため、結果的に下部室内のプラズマの分布は均一となる。

このように、本発明の装置においては、広い面積にわたつてプラズマを均一に発生させることが可能なため、処理面積が広い装置を得ることができる。

本装置は、このような特徴を生かし、単一の処理材、小型の処理材はもとより、複数の処理材または面積の広い処理材を対象にした、表面への化学気相成長、表面のエッチング等にも適用できる。

#### (実施例)

以下本発明を添付図面に基づいて説明する。

図面において、1はマイクロ波発振器であり、ここから例えば245GHzのマイクロ波が発生され、導波管2 (WRI-22、109.22mm×54.61mm) により伝送される。

3は前記導波管2とその上部において連通された金属製容器であり、例えば石英ガラス板4のような誘電損失の小さい耐熱性板によって上下に気密に仕切られ、図示例では下部室7は高真空を保持できるように密閉構成されている。そして前記石英ガラス板4によって仕切られた上部室5の天井壁内面およびこの上部室5と前記導波管2との連通部にはマイクロ波導波路を形成すべく例えばポリ-4フッ化エチレン (比誘電率208) を用いて誘電体層6が設けられている。

ところで、前記誘電体層6のマイクロ波の進行方向の長さは、本実施例では誘電体層6の表面波の波長 $\lambda$ の $m/2$ 倍 ( $m$ : 整数) とし、金属製容器3を共振器構造としたものを示している。例えば長さ1075mm、幅200mm、厚さ20mmとする等の如くである。ここで、誘電体層6の各種寸法のうち、厚さが問題となる。すなわち、誘電体層6の厚さをどのような値に決定するかは、均一なプラズマを発生するために重大な影響を与えるからである。つまり、この誘電体層6の厚さは、マイクロ波の周波数と大きな関連を有し、マイクロ波周波数が245GHzの場合には20mm以下とするのがよい。なお、前記周波数と誘電体層6の各寸法は反比例の関係にあるため、例えば10GHzのマイクロ

5

6

波を使用した場合には厚さは5mm以下とする。

前記誘電体層6として本実施例はポリ－4フッ化エチレンを用いたものを示したが、これに限られるわけではなく、ポリスチレン（比誘電率2.56）、ポリエチレン（比誘電率2.35）等を用いてもよいことは勿論である。この場合には、共振器の長さ（前記実施例では1075mm）が変わるだけである。

本実施例では前記誘電体層6におけるマイクロ波の反射を小さくするために、前記導波管2と上部室5の連通部における誘電体層6の形状を、第3図に示すようなテーパをもった形状としている。例えば該部分の誘電体層6の長さはテーパ部、直方体部とも管内波長 $\lambda_g$ の1/4とし、上部室5側のテーパ部の長さは $\lambda/4$ とする等の如くである。しかし、この連通部における形状も前記と同様何等限定されるものでないことは勿論である。

更に、前記石英ガラス板4によつて仕切られた下部室（本実施例では、上部室5と略同幅のものを示したが、誘電体層6の幅と同軸のほうがより望ましい）7、すなわち、プラズマ発生室（長さ1000mm、幅200mm、高さ500mm、なお、石英ガラス板4と誘電体層6表面間の距離は15mm）内部には石英ガラス容器8が挿入され、プラズマによる内部損傷や処理材9の汚染を回避できるようになっている。また、前記石英ガラス容器8を挿入する代わりに、下部室7の側壁を外部より水冷する方法によつても内部損傷、汚染を防止できる。すなわち、これによつて電子材料関係の処理（アモルファスSi作製、Siウエハーの窒化、酸化等）を高品質に行なうことができるのである。

なお、図中10は前記処理材9に化学気相成長を施す場合等処理材を所要温度に加熱する際に用いるべく下部室7の底部に配設されたヒータ、1

1はガスポンプ12および流量計13を備えたガス導入装置、14は排気装置である。また前記金属製容器3は、マイクロ波が透過しないものであれば金属製に限るものではなく、金属製他導電性膜をコーティングした非金属製、或いは外壁に水の層を設けた非金属製等でもよい。第4図及び第5図は、誘電体層を設けている上部室5の天井壁の幅を誘電体層の幅よりも大きくし、且つ、側壁を設けない他の実施例を示したものであつて、このようにすることによりポリ－4フッ化エチレン上の電界が均一化される。本実施例では、上部室5と下部室7を一体構成したものを示したが、これらを分離しても何等支障はない。

（発明の効果）

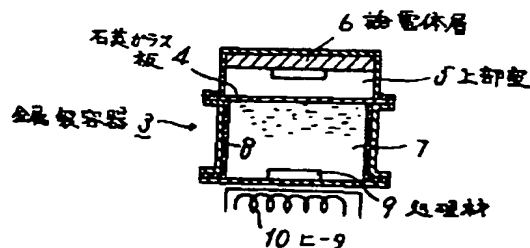
以上説明した如く本発明に係るマイクロ波プラズマ処理装置は、誘電体層の作用によつてプラズマを広い面積にわたつて均一に発生させることができる為、大量の処理材を一度に処理したり、また、大型の処理材を処理することができる。更に本発明装置は整合も簡単にとれる為、装置の構造を簡単にできる等益するところ大なる効果を有する。

図面の簡単な説明

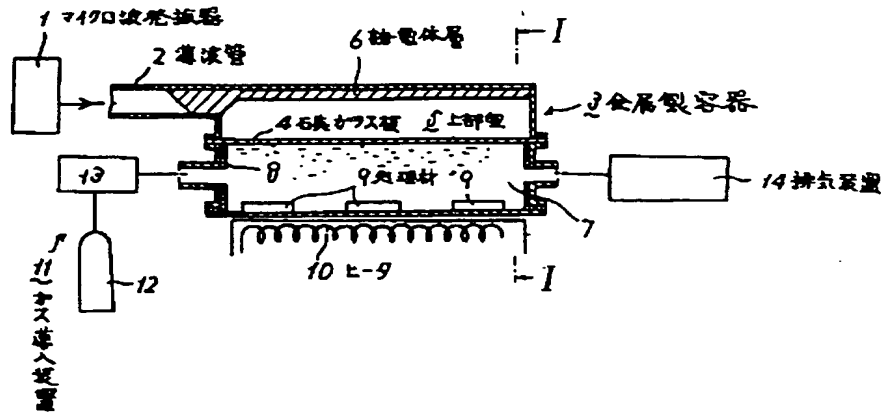
図面は本発明に係るマイクロ波プラズマ処理装置の一実施例を示すもので、第1図は正面図中央縦断面図、第2図は第1図におけるI-I断面図、第3図は導波管と上部室間における連通部の誘電体層の形状の一実施例図、第4図は他の実施例を示す断面図、第5図は第4図のII-II断面図である。

1はマイクロ波発振器、2は導波管、3は金属製容器、4は石英ガラス板、5は上部室、6は誘電体層、9は処理材、10はヒータ、11はガス導入装置、14は排気装置。

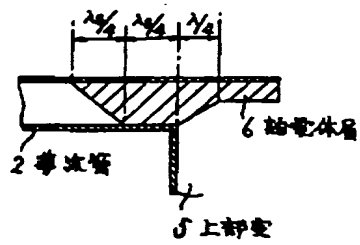
第2図



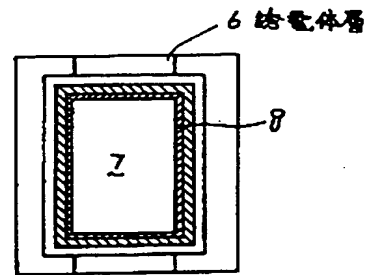
第1図



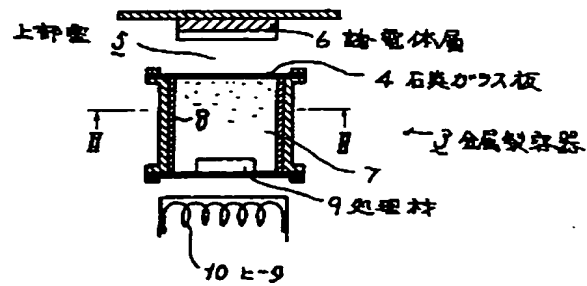
第3図



第5図



第4図



(19) Japanese Patent Office (JP)  
(12) Patent Gazette (B2)  
(11) Patent Publication No. 5-44798  
(24)(44) Publication Date: July 7, 1993  
(51) Int. Cl. H05H 1/46  
(54) Title of the Invention: Microwave Plasma Processing  
System  
(21) Application No. 60-143036  
(22) Application Date: June 28, 1985  
(72) Inventor: Kyoichi Komachi  
c/o Central Technical Research Laboratory of  
Sumitomo Metal Industries, Ltd.  
1-3, Nishinagasuhondori, Amagasaki-shi, Hyogo-  
ken  
(72) Inventor: Sumio Kobayashi  
c/o Central Technical Research Laboratory of  
Sumitomo Metal Industries, Ltd.  
1-3, Nishinagasuhondori, Amagasaki-shi, Hyogo-  
ken  
(71) Applicant: Sumitomo Metal Industries, Ltd.  
4-5-33, Kitahama, Chuo-ku, Osaka-shi, Osaka-fu  
(74) Agent: Patent Attorney Mitsuyoshi Mizogami and one other

(57) CLAIM:

1. A microwave plasma processing system comprising a microwave oscillator, a waveguide for transmitting microwaves from the microwave oscillator, and a metal container communicating with the waveguide and having an evacuation device and a gas introducing device, wherein the metal chamber is airtightly separated into an upper chamber and a lower chamber by a heat-resisting plate of a small dielectric loss, and wherein a dielectric layer is provided on an upper wall surface inside the upper chamber and at the communicating portion, for forming a microwave guiding path.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

(Field of the Invention)

This invention relates to an improvement in a microwave plasma processing system.

(Prior Art and Problems Thereof)

The so-called low temperature plasma as generated by discharge of a low pressure gas accelerate a chemical reaction while maintaining the whole system at a low temperature and can be applied to both inorganic and organic materials, and is therefore utilized in various fields. In order to generate this plasma, a radio frequency (13.56 MHz) has been mainly used in the prior art research/development and practical systems. However, there has been pointed out the advantages in efficiency and simpleness of using microwaves (Hirose: "Microwave Discharge Plasma and System Therefor", Coating Technique, 19, 1, (1980), pp. 100-105).

The advantages are as follows:

(1) The ratio  $T_e/T_g$  of the electron temperature  $T_e$  to the gas temperature  $T_g$  is large, and a plasma of a lower temperature can be obtained.

- (2) Since no electrode is required, contamination due to electrodes can be prevented.
- (3) A microwave power can be locally introduced, and there is no unnecessary radiation loss to an outer space, so that a high density plasma can be generated.
- (4) The structure of an oscillator is simple.
- (5) Since microwaves are transmitted by a waveguide, there is no radiation loss and matching can be attained with a simple structure.

Incidentally, there is a problem that of the prior art microwave plasma generation systems, the generator/processing chamber separation system in which a quartz tube is penetrated through a waveguide (see the above document), and the electron cyclotron resonance system in which a magnetic field is formed in a microwave propagation direction and resonance is utilized (Matsuo, Kiuchi, Takahashi: ECR plasma CVD, Device Research Section of Electric Society, EDD-84-55, (1984), pp. 17-23, Japanese Patent Publication No. 58-37680) have a smaller processing area than the systems using high frequency.

Further, as systems having a relatively large processing area, there are included (1) a system in which microwaves are introduced into a large plasma-generation chamber by use of an antenna (JP-B-57-53858, JP-A-57-9868, JP-A-56-41382), and (2) a system which utilizes a periodic structure (R. G. bosisio, C. F. Weissfloch, M. R. Wertheimer: The Large Volume Microwave Plasma Generator, J. Microwave Power, 7(4), 1972 ).

However, for (1) above, matching with the antenna is difficult, and a plasma is liable to become nonuniform, so that the system becomes complicated for the improvement. Further, for (2) above, there is a problem that only a thin, long plasma can be generated (the document reported that a

plasma was generated within a quartz glass tube with an outer diameter of 19 mm).

This invention has been accomplished in view of the above mentioned problems and an object of this invention is to provide a microwave plasma processing system that can stably generate a large area, uniform plasma by use of microwaves with a relatively simple system structure.

(Means for Solving the Problems)

This invention is a microwave plasma processing system comprising a microwave oscillator, a waveguide for transmitting microwaves from the microwave oscillator, and a metal container communicating with the waveguide and having an evacuation device and a gas introducing device, wherein the metal chamber is airtightly separated into an upper chamber and a lower chamber by a heat-resisting plate of a small dielectric loss, and wherein a dielectric layer is provided on an upper wall surface inside the upper chamber and at the communicating portion, for forming a microwave guiding path.  
(action)

Generally, microwaves will spread uniformly in a dielectric layer. Further, microwaves are reflected by a metal.

With the system of this invention, microwaves will spread uniformly in a dielectric layer and are reflected by a metal portion of a metal container above the dielectric layer. Therefore, the electric field resulting from the action of the microwaves will be formed uniformly below the dielectric layer, namely on the side of the upper and lower chambers.

Generally speaking, since the strength of the above electric field is almost uniform, when a plasma generating gas is introduced into the lower chamber kept in a vacuum state,



an almost uniformly distributed plasma is formed by the action of the electric field in the lower layer.

Strictly speaking, since microwaves are also reflected by a metal portion of the metal container positioned in front of the dielectric layer in the microwave travelling direction, standing waves are present in the microwave travelling direction of the dielectric layer. Therefore, although the strength of the electric field will comprise large and small portions in the microwave travelling direction, the generated plasma will diffuse rapidly, with the result that the distribution of the plasma in the lower chamber will become uniform.

Thus, with the present system, a plasma can be generated uniformly over a large area, so that a system with a large processing area can be obtained.

The present system having this advantage can be applied to chemical vapor deposition, etching, etc. for surfaces of not only a single article, a small size article but also plural articles and a large area article.

(Example)

This invention will be described with reference to the attached drawings.

In the figures, reference numeral 1 denotes a microwave oscillator, from which microwaves of, e.g., 245 GHz are generated and are transmitted through a waveguide 2 (WRI-22, 109.22 mm × 54.61 mm).

Reference numeral 3 denotes a metal container, which communicates with the waveguide at its upper part and is divided into upper and lower portions with a heat resisting plate with a small dielectric loss such as a quartz glass plate 4. In the example shown in the figures, the lower

chamber 7 is constituted airtightly so as to keep a high vacuum. Further, on an upper wall surface inside the upper chamber 5 separated by the quartz glass plate 5 and at the communicating portion between the upper chamber 5 and the waveguide 2, there is provided a dielectric layer 6 comprised of, e.g., polytetrafluoroethylene (dielectric constant 2.08), for forming a microwave guiding path.

In this example, the length of the dielectric layer 6 in the microwave travelling direction is set to  $m/2$  ( $m$ :integer) times the wavelength  $\lambda$  of the surface wave of the dielectric layer 6, and the metal chamber 3 is constituted so as to have a resonator structure. An example of the size is 1075 mm in length, 200 mm in width and 20 mm in thickness. Here, of the various dimensions of the dielectric layer 6, the thickness is important. This is because determination of the thickness of the dielectric layer 6 has a significant influence on whether a uniform plasma is generated or not. That is, the thickness of the dielectric layer 6 is closely related to the frequency of microwaves, and when the microwave frequency is 2.45 GHz, it is preferable that the thickness is 20 mm or less. Incidentally, since the frequency and the dimensions of the dielectric layer 6 are in a relationship of inverse proportion, when using microwaves of, e.g., 10 GHz, the thickness is made 5 mm or less.

Although the above example is described with regard to use of polytetrafluoroethylene for the dielectric layer 6, this invention is not limited thereto, and it is needless to say that polystyrene (dielectric constant 2.56), polyethylene (dielectric constant 2.35), etc. may be used. In this case, the length of the resonator (1075 mm for the above example) needs to be suitably changed.

In the above example, the shape of the dielectric layer 6 at the communicating portion between the upper chamber 5 and the waveguide 2 is made so as to have an inclination as shown in Fig. 3 in order to minimize the reflection of microwaves at the dielectric layer 6. An example of the length of the dielectric layer at the communicating portions is  $1/4$  of the guidewavelength  $\lambda$  for both the inclined portion and the rectangular parallelopiped portion and  $\lambda/4$  for the inclined portion on the upper chamber 5 side. However, it is a matter of course that the shape of the layer at the communicating portion is not particularly limited as is the case with the above.

Further, inside the lower chamber 7 separated by the quartz glass plate 5 (having approximately the same width as the upper chamber 5 in this example, but more preferably having approximately the same width as the dielectric layer 6), namely in the plasma generation chamber (1000 mm in length, 200 mm in width and 500 mm in height; the distance between the quartz glass plate 4 and the surface of the dielectric layer 6 being 15 mm), there is inserted a quartz glass container 8 such that internal damage due to plasma and contamination of the processing article can be obviated. Further, instead of inserting the quartz glass container 8, water-cooling the side wall of the lower chamber 7 enables prevention of internal damage and contamination. This makes it possible to carry out processing of electronic materials (amorphous Si formation, Si wafer nitridation or oxidation, etc.) with high quality.

Incidentally, reference numeral 10 in the figures denotes a heater provided in the bottom of the lower chamber 7, for heating the processing article 9 to a desired temperature in

chemical vapor deposition, 11 is a gas introducing device having a gas cylinder 12 and a flow meter 13, and 14 is an evacuation device. The metal container 3 is not necessarily made of a metal as long as it does not transmit microwaves and may be made of a nonmetal coated with a conductive film of a metal or the like, a nonmetal provided with an outer layer of water, and so on. Figs. 4 and 5 show another example in which the width of the upper wall provided with the dielectric layer of the upper chamber 5 is made larger than the width of the dielectric layer and no side walls are provided. This configuration makes uniform the electric field on the polytetrafluoroethylene. Although this example is described by referring to the system having the upper chamber 5 and the lower chamber 7 structured integrally, it is needless to say that the chambers may be separated.

#### (Effect of the Invention)

As described above, according to this invention, since a plasma can be generated uniformly over a wide area by the action of the dielectric layer, it is possible to process a large amount of an article at once and to process an article of a large size. Further, since matching can be attained easily, the structure of the system can be made simple.

#### [Brief Description of the Drawings]

The figures show an example of the microwave plasma processing system according to this invention; Fig. 1 is a central longitudinal sectional view of a front view; Fig. 2 is a I-I sectional view of Fig. 1; Fig. 3 is a view showing an example of the shape of a dielectric layer provided at a communicating portion between a waveguide and an upper chamber; Fig. 4 is a view showing another example of the shape; and Fig. 5 is a II-II sectional view of Fig. 4.

1: microwave oscillator, 2: waveguide, 3: metal container, 4: quartz glass plate, 5: upper chamber, 6: dielectric layer, 9: processing article, 10: heater, 11: gas introducing device, 14: evacuation device.